

[7]

PCT (D6)

2002P03682



① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 16 863 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
B 23 K 26/06
G 02 B 26/06
G 02 B 27/09

⑳ Aktenzeichen: 196 16 863.5
㉔ Anmeldetag: 26. 4. 96
㉕ Offenlegungstag: 31. 10. 96

DE 196 16 863 A 1

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①

28.04.95 DE 195152247

⑦① Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:

Grimm, E., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 63450 Hanau

⑦② Erfinder:

Henning, Thomas, Dipl.-Phys., 52134 Herzogenrath,
DE; Scholl, Marcus, Dr.rer.nat., 52064 Aachen, DE;
Wissenbach, Konrad, Dr.rer.nat., 52146 Würselen,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Anordnung zur Kohärenzreduktion und Strahlhomogenisierung von Laserstrahlung hoher Leistung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Strahlhomogenisierung eines Laserstrahls mit einer Leistung oberhalb 0,5 kW, die im Strahlengang einen Fokussierspiegel und einen sich drehenden Umlenkspiegel aufweist, wobei der Fokussierspiegel in mehrere Spiegelsegmente segmentiert ist, der den Laserstrahl in Teilstrahlen zerlegt und diese in einer Bildebene überlagert, wobei die Anordnung dadurch gekennzeichnet ist, daß sich der Umlenkspiegel um seine Oberflächennormale dreht und eine Oberflächenrauigkeit aufweist, wobei das Verhältnis von quadratischem Mittenrauhwert R_q zur transversalen Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge δ der Beziehung $0,025 \lambda/c < R_q/\delta < 2,5 \lambda/c$ für mindestens ein Spiegelsegment genügt, wobei c die kleinste Wellenlänge des einen Spiegelsegments des Fokussierspiegels und λ die Wellenlänge der auf den Umlenkspiegel einfallenden Laserstrahlung sind.

DE 196 16 863 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Strahlhomogenisierung eines Laserstrahls mit einer Leistung oberhalb 0,5 kW, die im Strahlengang einen Fokussierspiegel und einen sich um seine Oberflächennormale drehenden Umlenkspiegel aufweist, wobei der Fokussierspiegel als segmentierter Spiegel ausgebildet ist, der den Laserstrahl in Teilstrahlen zerlegt und diese in einer Bildebene überlagert.

Eine derartige Anordnung ist in der vorveröffentlichten Informationsschrift (ohne Datum) "Rotationsspiegel für High-Speed-Strahlableitung" des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffphysik und Schichttechnologie (IWS), Dresden, beschrieben. In dieser Informationsschrift wird, zur Oberflächenbehandlung eines Werkstücks, ein Laserstrahl zunächst auf einen Fokussierspiegel gerichtet, der den Strahl auf einen Rotationsspiegel ablenkt, von dem aus der Strahl dann auf die Werkstückoberfläche fällt. Der Rotationsspiegel weist einen Drehantrieb auf, wobei die Spiegeloberfläche unter einem Winkel ungleich 90° zu der Drehachse gekippt ist. Unter Drehung des Rotationsspiegels beschreibt der Strahlquerschnitt auf der Werkstückoberfläche eine kreisförmige oder ellipsenförmige Bahn, um so eine gemittelte Intensitätsverteilung in dem entstehenden Strahlfleck auf der Werkstückoberfläche, die auch von der Vorschubgeschwindigkeit des Werkstücks relativ zu dem Strahlquerschnitt abhängig ist, zu erzielen. Um räumliche Intensitätsfluktuationen zu reduzieren, wird als Fokussierspiegel ein Facettenspiegel eingesetzt, wie er bei solchen Materialbearbeitungsanlagen üblich ist. Mit diesem Facettenspiegel wird der Laserstrahl, entsprechend der Anzahl der Facetten, in einzelne Teilstrahlen zerlegt, die in einer Bildebene, wobei es sich im allgemeinen um die Bearbeitungsoberfläche des Werkstücks handelt, überlagert werden.

Weiterhin ist aus der EP 013487 B1 eine Anordnung zum Laserstrahlpunktschweißen mit einer Laserstrahlquelle und einer den Laserstrahl auf ein zu schweißendes Werkstück fokussierende Anordnung bekannt. Der Laserstrahl wird über einen Umlenkspiegel auf einen Fokussierungsspiegel, der facettiert ist, gerichtet und von dort auf das Werkstück fokussiert. Da der Laserstrahl parallel zur Strahlachse seitlich versetzt ist und auf diese Weise versetzt auf den facettierten Spiegel auftrifft, wird der Laserstrahl durch den stationär gehaltenen, facettierten Spiegel in verschiedene Punkte auf das Werkstück fokussiert, um dort an den verschiedenen Punkten eine Punktschweißung vorzunehmen.

Im Rahmen der Materialbearbeitung, insbesondere in Bezug auf die Oberflächenbehandlung von Werkstücken, werden zunehmend höhere Anforderungen dahingehend gestellt, daß das Strahlprofil in der Ebene der Werkstückoberfläche äußerst homogen ist. In gewisser Weise wird zwar eine solche Homogenisierung durch den sich rotierenden, um seine Drehachse gekippten Spiegel gemäß der vorstehend angeführten Informationsschrift erreicht; dies setzt allerdings voraus, daß das Werkstück und der Laserstrahl mit einer bestimmten Relativbewegung zueinander verschoben werden, da ansonsten auch über den sich drehenden Spiegel ein Muster mit rotationssymmetrischen Intensitätsverteilungen erzeugt wird. Für die Anwendung nachteilig ist, daß der Rotationsspiegel zwischen Facettenspiegel und Rotationsspiegel angeordnet wird und somit nur wenig Platz für Prozeßdüsen bzw. Haltevorrichtungen zur Verfügung steht.

Ausgehend von dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik und der angegebenen Problematik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die bekannte Anordnung derart weiterzubilden, daß in der Bearbeitungsebene eine Leistungsdichte höchster Homogenität erzeugt wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Anordnung der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß sich der Umlenkspiegel um seine Oberflächennormale dreht und eine Oberflächenrauigkeit aufweist, wobei das Verhältnis von quadratischem Mittenrauhwert R_q zur transversalen Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge δ der Beziehung $0,025 \lambda/c < R_q/\delta < 2,5 \lambda/c$ für mindestens ein Spiegelsegment genügt, wobei c die kleinste Kantenlänge des einen Spiegelsegments des Fokussierspiegels und λ die Wellenlänge der auf den Umlenkspiegel einfallenden Laserstrahlung sind. Mit der erfindungsgemäßen Anordnung kann die räumliche Kohärenz der Laserstrahlung reduziert werden. Dies gilt insbesondere für Laserstrahlung einer hohen Leistung, d. h. einer Leistung oberhalb von 5 kW. Durch die Kombination eines segmentierten Spiegels mit Umlenkspiegel, der durch die definierte Einstellung der Oberflächenrauigkeit nach der vorstehenden Vorschrift, die das Verhältnis von quadratischem Mittelrauhwert R_q zur transversalen Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge festlegt, eine zeit- und ortsabhängige statistische Phasenfluktuation erzeugt, ermöglicht die Erzeugung von Leistungsdichteverteilungen mit hoher Homogenität. Die von dem rotierenden Umlenkspiegel erzeugten Phasenfluktuationen entsprechen dann einem Gauß'schen Zufallsprozeß, der durch zwei Parameter bestimmt ist: die transversale Korrelationslänge δ und die Größe ψ_0 der Phasenfluktuation. Aufgrund der erfindungsgemäßen Maßnahmen sind δ und ψ_0 einstellbare Parameter mit einem entsprechenden Einfluß auf die Leistungsdichteverteilung in der Bildebene des segmentierten Spiegels. Die durch Beugung an den Aperturen des segmentierten Spiegels bzw. durch Vielstrahlinterferenz erzeugten Leistungsdichtespitzen in der Bildebene können durch Optimierung der zwei Parameter vollständig kompensiert werden. Weiterhin ist die erfindungsgemäße Anordnung nur bedingt von einem relativen Vorschub zwischen dem Laserstrahl bzw. dessen Strahlquerschnitt und dem Werkstück abhängig, da eine Homogenisierung der Intensitätsverteilung über den Strahlquerschnitt alleine durch eine entsprechende Drehzahl bzw. Frequenz, mit der der Spiegel gedreht wird, eingestellt bzw. erhöht werden kann. Weiterhin ist wesentlich, daß, in Richtung des Strahlverlaufs gesehen, der in seiner Oberfläche definiert statistisch verteilt aufgeraute Umlenkspiegel vor dem segmentierten Spiegel angeordnet ist. Die erfindungsgemäße Anordnung vermeidet eine oszillatorische Bewegung einer Strahlführung über das Werkstück. Demzufolge verändert der Strahlschwerpunkt seine Lage relativ zum Werkstück in der Richtung senkrecht zur Vorschubbewegung nicht. Hierdurch können grundsätzlich wesentlich höhere Vorschubgeschwindigkeiten, im Gegensatz zum Stand der Technik, ohne Beeinträchtigung der Bearbeitungsergebnisse erzielt werden.

Bevorzugt trifft, in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls gesehen, der Strahl zuerst auf den Umlenkspiegel und danach auf den segmentierten Spiegel.

Vorzugsweise wird der Laserstrahl seitlich versetzt zur Drehachse des Umlenkspiegels auf dessen Oberfläche gerichtet und von dort auf den segmentierten Spiegel reflektiert. Hierdurch wird eine verringerte Wärme-

belastung an dem Umlenkspiegel erzeugt, darüberhinaus wird eine erhöhte Homogenisierung der Leistungsdichteverteilung erzielt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die Oberflächen der Segmente des segmentierten Spiegels asphärisch ausgebildet, um eine dem Bearbeitungsprozeß angepaßte, nicht-homogene Leistungsverteilung auf dem Werkstück zu erzeugen. Die zugrundeliegende Verfahrensweise besteht in der Kombination der Strahlintegration mit einer Teilstrahlformung. Die Strahlintegration, realisiert durch die Zerlegung des einfallenden Laserstrahls in Teilstrahlen und Überlagerung dieser Teilstrahlen in der Bildebene, bewirkt die Erzeugung einer vom Rohstrahl weitgehend unabhängigen Leistungsdichteverteilung. Die durch eine gezielte Formgebung der Segmentoberflächen bewirkte Teilstrahlformung ermöglicht die gezielt Einstellung einer gewünschten, verfahrensangepaßten Leistungsdichteverteilung in der Bildebene.

Insbesondere ist die erfindungsgemäße Anordnung für solche Oberflächenbearbeitungen geeignet, die hohe Bearbeitungsbreiten mit einer gleichbleibenden Bearbeitungsqualität bezüglich Oberflächenbeschaffenheit und Bearbeitungsgeometrie fordern, ohne den Strahlquerschnitt in dieser Breitenrichtung oszillieren zu lassen. Dies gilt insbesondere für martensitisches Umhärten, bei dem Anschmelzungen der Werkstückoberfläche vermieden werden müssen, die häufig ihre Ursache durch räumliche Leistungsdichteerhöhungen finden. Diese Anschmelzungen führen zu einem erhöhten Nachbearbeitungsaufwand durch mechanisches Schleifen; ein solcher nachträglicher Prozeßschritt erhöht die Kosten des Verfahrens. Diese Nachbearbeitungsvorgänge mit ihren Folgen sind mit der erfindungsgemäßen Anordnung nicht erforderlich. Als bevorzugte Anwendungsgebiete der erfindungsgemäßen Anordnung, bei denen sehr gleichmäßige Leistungsdichteverteilungen erforderlich sind, sind weiterhin das Plattieren von Bändern das Rekristallisieren, das Umformen, das Umschmelzen und das Dispergieren.

Die Dimensionierung der erfindungsgemäßen Anordnung erfolgt zunächst unter Bestimmung des optimalen Korrelationsparameters δ (und der daraus folgenden Größe ψ_0 der Phasenfluktuationen) unter Vorgabe der Wellenlänge der eingesetzten Laserstrahlung sowie der Parameter des Facettenspiegels. Anschließend wird, im Rahmen des Verhältnisses von quadratischem Mitternauwert R_q zur transversalen Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge δ entsprechend der Beziehung $0,025 \lambda/c < R_q/\delta < 2,5 \lambda/c$ der Rauwert R_q festgelegt und mittels einer statistischen Verteilung auf der Oberfläche des Umlenkspiegels generiert. Hierzu eignet sich beispielsweise eine um ein Werkzeugpositioniersystem erweiterte, konventionelle 2-Achsen-CNC-Ultrapräzisionsdrehmaschine. Mit einer solchen Ultrapräzisionsmaschine wird die Oberfläche des Umlenkspiegels, unter einer statistischen Steuerung, die über einen Zufallsgenerator beeinflußt wird, endbearbeitet. Vorzugsweise wird der Umlenkspiegel in Form eines Metallspiegels, vorzugsweise aus Kupfer oder einer Kupferbasislegierung, hergestellt. Zum einen ist ein solcher Metallspiegel mit üblichen Diamantdrehverfahren bearbeitbar, zum anderen zeichnet er sich durch seinen guten Wärmeleitkoeffizienten und einen guten Reflexionsgrad bei $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ aus.

Vorzugsweise werden die einzelnen Segmente des segmentierten Spiegels plan ausgebildet und bevorzugt ist der segmentierte Spiegel ein Facettenspiegel oder

ein Liniensegmentspiegel. Der letztere Spiegel erzeugt in der Bearbeitungsebene eine linienförmige Intensitätsverteilung, die für viele Anwendungen von Vorteil ist.

Die Anordnung eignet sich insbesondere für Laser mit einer hohen Leistung oberhalb von 5 kW, wie zum Beispiel für CO₂-Laser.

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anordnung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Strahlhomogenisierung eines Laserstrahls,

Fig. 2 eine numerisch berechnete Realisierung einer statistischen Oberflächenfunktion des Umlenkspiegels in einer dreidimensionalen Darstellung mit $\delta = 3,3 \text{ mm}$ und $\psi_0 = 3/4 \pi$ ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$),

Fig. 3A und 3B die Querschnitte des Umlenkspiegels der Fig. 1 bzw. der Darstellung der Fig. 2 entlang der x- und der y-Achse,

Fig. 4 eine optische Anordnung in einer schematischen Darstellung zur Strahlformung für das thermische Umwandlungshärten,

Fig. 5 einen Plexiglaseinbrand in der Bildebene des Ellipsoidspiegels unter Verwendung eines CO₂-Lasers mit einer Leistung von 1,8 kW,

Fig. 6A und 6B mit der Anordnung nach der Fig. 4 generierte Härtespuren, wobei die Fig. 6A eine Spur mit Umlenk- bzw. Phasenmodulationsspiegel zeigt, während die Fig. 6B eine Härtespur ohne Phasenmodulationsspiegel zeigt,

Fig. 7A ein Beispiel einer Segmentoberfläche eines Liniensegmentspiegels zur Erzeugung einer Stufen-Leistungsdichteverteilung, wie sie in Fig. 7B dargestellt ist, und

Fig. 8A und 8B schematisch verschiedene Möglichkeiten einer Segmentierung des segmentierten Spiegels.

Gemäß der Anordnung, wie sie schematisch in Fig. 1 dargestellt ist, wird der von einem CO₂-Laser 1 abgegebene Laserstrahl 2 auf einen Umlenkspiegel 3 gerichtet und von dort, in dem gezeigten Beispiel um 90°, umgelenkt und auf einen konkaven Liniensegmentspiegel 4 geführt, der den Strahlquerschnitt auf die Oberfläche 5 eines Werkstücks 6 fokussiert. Der Umlenkspiegel 3 wird über eine nicht näher dargestellte Antriebseinheit um eine Drehachse 7 in Richtung des Drehpfeils δ gedreht. Wie die Fig. 1 zeigt, wird der Laserstrahl seitlich zu der Drehachse 7 versetzt auf die Oberfläche 9 gerichtet, um die Phasenfluktuation pro Umlauf des Spiegels zu erhöhen und eine effizientere Kühlung des Spiegels durch Luftströmung zu erzielen. Die Oberfläche 9 des Umlenkspiegels 3 ist aufgerauht, wobei das Verhältnis von quadratischem Mitternauwert R_q zur transversalen Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge δ der Beziehung

$$0,025 \lambda/c < R_q/\delta < 2,5 \lambda/c$$

genügt, wobei

— c die kleinste Kantenlänge der Spiegelsegmente des Liniensegmentspiegels 4 ist, (siehe auch Fig. 8A) und

— λ die Wellenlänge des CO₂-Lasers ist.

Die Oberfläche des Umlenkspiegels 3, der aus Kupfer auf einer um ein Werkzeugpositioniersystem erweiterten Ultrapräzisionsdrehmaschine hergestellt wurde, besitzt die statistisch verteilte Oberflächenrauigkeit, wie

sie in der Fig. 2 in einer berechneten Form dargestellt ist. In dieser berechneten Darstellungsform ist die Strukturierung der Spiegeloberfläche statistisch moduliert, die zur Herstellung des Umlenkspiegels auf eine CNC-Ultrapräzisionsdrehmaschine übertragen wird. Diese Oberflächenstruktur ist nochmals in der Fig. 3A entlang der x-Achse aufgetragen, während sie in Fig. 3B entlang der y-Achse aufgetragen ist. Wie insbesondere die Fig. 3A und 3B zeigen, sind die Oberflächenfluktuationen in einem Bereich von 1–10 µm gauß-förmig verteilt.

In der Fig. 4 ist eine Anordnung eines weiteren Strahlformungssystems dargestellt, das im wesentlichen der Ausführungsform der Fig. 1 entspricht (aus diesem Grund sind für vergleichbare Teile entsprechende Bezugszeichen verwendet) und beispielsweise zum thermischen Umwandlungshärten von Kunststoffformstahl (40 CrMnMo7) eingesetzt wird. Ein CO₂-Laserstrahl 2 wird auf einen Umlenkspiegel 3, der wiederum um eine Drehachse 7 gedreht wird, gerichtet. Entsprechend der Fig. 1 ist der Strahl auf die Oberfläche 5 des Umlenkspiegels seitlich zu der Drehachse 7 versetzt gerichtet, so daß zum einen die thermische Belastung des Umlenkspiegels 3 reduziert wird, gleichzeitig dieser Versatz zu einer höheren Strahlhomogenisierung beiträgt. Der an der Oberfläche 5 des Umlenkspiegels 3 reflektierte Strahl 2 fällt dann auf einen Liniensegmentspiegel 4 und der Strahl wird homogenisiert. Der nachfolgende Ellipsoidspiegel 10 bildet die integrierte Leistungsdichteverteilung um einen Faktor drei vergrößert auf die Werkstückoberfläche 5 des Werkstücks 6 ab. Typische Parameter der Anordnung der Fig. 4 sind wie folgt: Phasenmodulationspiegel bzw. Umlenkspiegel 3 — $\psi_0 = 3/4\pi$, $\delta = 1,1$ mm; Liniensegmentspiegel 4 — Brennweite 150 mm, 6 mm Kantenlänge der Segmente; Ellipsoidspiegel 10 — Brennweite 70 mm. Ein solcher Liniensegmentspiegel ist nochmals in einer Draufsicht in der Fig. 8A dargestellt. Wie anhand der Fig. 8A deutlich wird, besitzen die einzelnen Streifen bzw. Facetten 13 parallele Kanten zueinander und haben gleiche Breiten. Diese gleiche Streifenbreite der Facetten hat gegenüber einer ungleichen Streifenbreite den Vorteil, daß in Bezug auf das ortsabhängige Intensitätsprofil, wie es in Fig. 5 dargestellt ist, die Steilheit der Flanken des Intensitätsprofils optimiert ist, d. h. die Kante des Profils soll möglichst steil erzeugt werden.

Fig. 5 zeigt einen Plexiglasbrand in der Bearbeitungsebene des Werkstücks 6 der Fig. 4; an dieser Darstellung, in der die Einbrandtiefe quer zur Spur des Laserstrahls auf der Werkstückoberfläche 5 gezeigt ist, ist eine sehr homogene Einbrandtiefenstruktur zu erkennen, was wiederum auf eine homogene Intensitätsverteilung des Laserstrahls entlang der Oberfläche 5 des Werkstücks 6 rückschließen läßt.

Fig. 6A zeigt eine Draufsicht auf eine mit der Verteilung entsprechend der Fig. 5 generierten Härtespur, die mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 360 mm/min erzeugt wurde. Zum Vergleich ist in Fig. 6B eine Härtespur dargestellt, die mit einem herkömmlichen Strahlformungssystem ohne in seiner Oberfläche definiert strukturierten Umlenkspiegel bzw. Phasenmodulationspiegel 3, aber ansonsten mit gleichen Prozessparametern, erzeugt wurde. Deutlich sind in Fig. 6 B die lokalen Anschmelzungen in Form von senkrecht verlaufenden Linien zu erkennen. Die Verfahrensparameter waren weiterhin wie folgt: Material des Phasenmodulationsspiegels aus 40 CrMnMo7, 1,8 kW Laserleistung.

In Fig. 7A ist in einer graphischen Darstellung die

idealisierte Strukturtiefe eines Facettenspiegels entlang der x-Koordinate aufgetragen, um eine stufenförmige Leistungsdichteverteilung zu erzeugen, wie sie in der Fig. 7B dargestellt ist. Eine solche abgestufte Intensitätsverteilung in Richtung der x-Koordinate ist zum Beispiel zum Härten von Kurbelwellenradien erforderlich.

Wie bereits eingangs erwähnt ist, wird mit der Beziehung $0,025 \lambda/c < R_q/\delta < 2,5 \lambda/c$ die Rauigkeit der Oberfläche 9 des Umlenkspiegels 3 zu der Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge δ zu der Wellenlänge des CO₂-Lasers und der kleinsten Kantenlänge der Spiegel-segmente des Liniensegmentspiegels 4 in Bezug gesetzt.

Die Fig. 8A und 8B stellen verschiedene Segmentierungen des Liniensegmentspiegels 4 dar, wobei Fig. 8A eine streifenförmige Segmentierung zeigt, und Fig. 8B eine Segmentierung in einzelne, rechteckige Flächen gleicher Größen zeigt. Im Sinne der vorstehenden Beziehung ist c die kleinste Kantenlänge, die ein jeweiliges Spiegelsegment zeigt, wobei zur Veranschaulichung in den Fig. 8A und 8B jeweils ein relevantes Spiegelement mit dem Bezugszeichen-Pfeil 11 gekennzeichnet ist und die dazugehörige, kleinste Kantenlänge mit c bezeichnet ist.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Strahlhomogenisierung eines Laserstrahls mit einer Leistung oberhalb 0,5 kW, die im Strahlengang einen Fokussierspiegel und einen sich drehenden Umlenkspiegel aufweist, wobei der Fokussierspiegel in mehrere Spiegelsegmente segmentiert ist, der den Laserstrahl in Teilstrahlen zerlegt und diese in einer Bildebene überlagert, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Umlenkspiegel um seine Oberflächennormale dreht und eine Oberflächenrauigkeit aufweist, wobei das Verhältnis von quadratischem Mittenrauhwert R_q zur transversalen Oberflächenrauigkeit-Korrelationslänge δ der Beziehung $0,025 \lambda/c < R_q/\delta < 2,5 \lambda/c$ für mindestens ein Spiegelsegment genügt, wobei c die kleinste Kantenlänge des einen Spiegel-segments des Fokussierspiegels und λ die Wellenlänge der auf den Umlenkspiegel einfallenden Laserstrahlung sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls gesehen, der Strahl zuerst auf den Umlenkspiegel und danach auf den segmentierten Spiegel auftrifft.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel ein Metallspiegel ist.
4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel aus Kupfer oder einer Kupferbasislegierung gebildet ist.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl seitlich zur Drehachse des Umlenkspiegels versetzt auf dessen Oberfläche auftrifft.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Segmente des segmentierten Spiegels asphärisch ausgebildet sind.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der segmentierte Spiegel als Facettenspiegel oder als Liniensegmentspiegel ausgebildet ist.
8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Linsensegmentspiegel streifenförmige Spiegelflächen mit parallel zueinander verlaufenden Kanten und gleicher Breite aufweisen.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Umlenkspiegel, in Bezug auf eine Vorschubgeschwindigkeit des Laserstrahls in der Werkstückebene von 300—500 mm/min, mit einer Frequenz von 10 bis 50 Hertz dreht.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl der eines CO₂-Lasers ist.

11. Verwendung der Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 für die Oberflächenbehandlung, insbesondere für Härten von Werkstückoberflächen aus Metall, das Plattieren von Metallbändern, das Rekristallisieren von Metallen, das Umformen von Bauteilen, das Umschmelzen von Metallen und für das Dispergieren.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

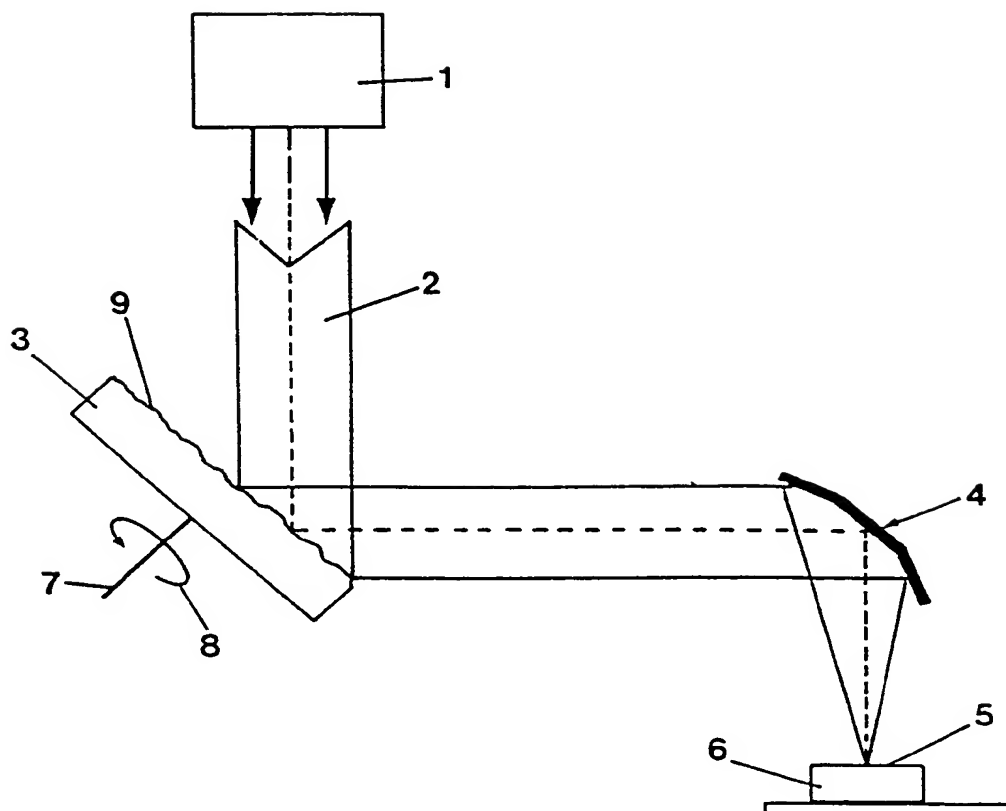


FIG. 1

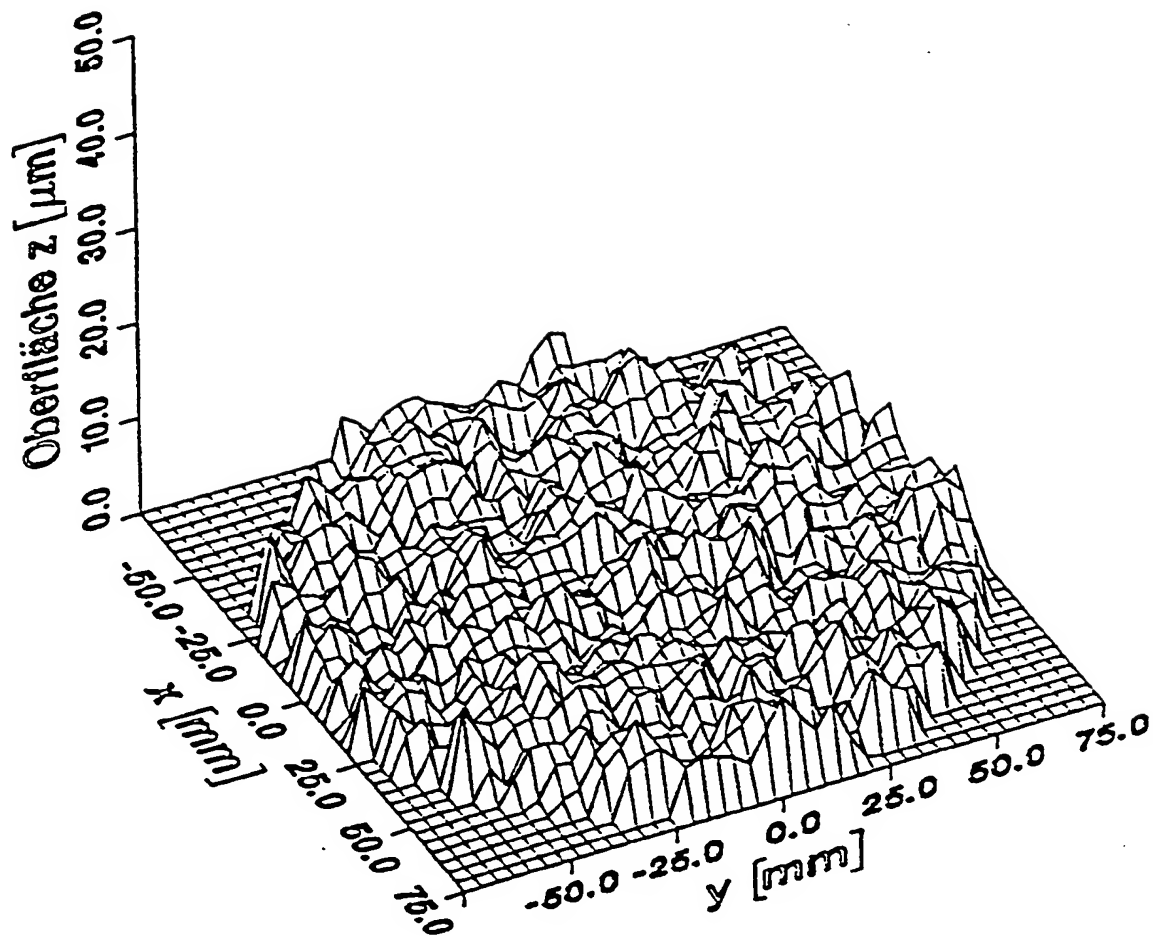


FIG. 2

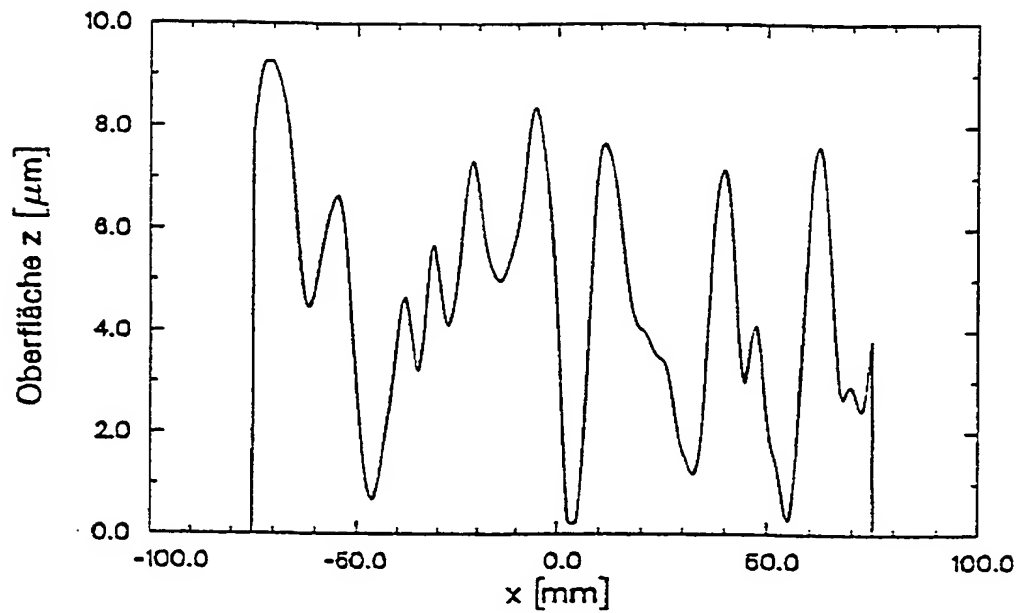


FIG. 3A

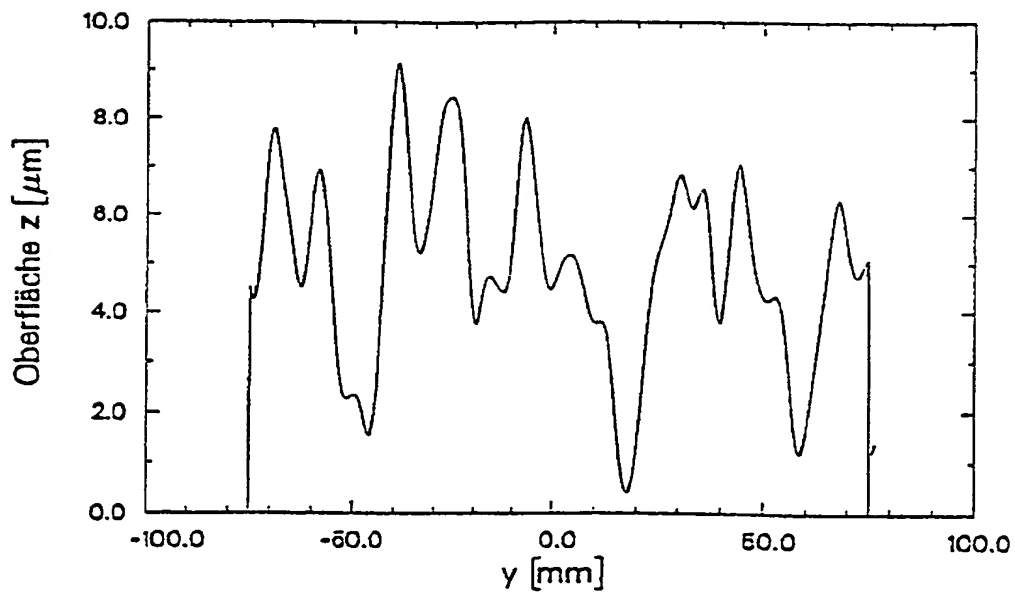


FIG. 3B

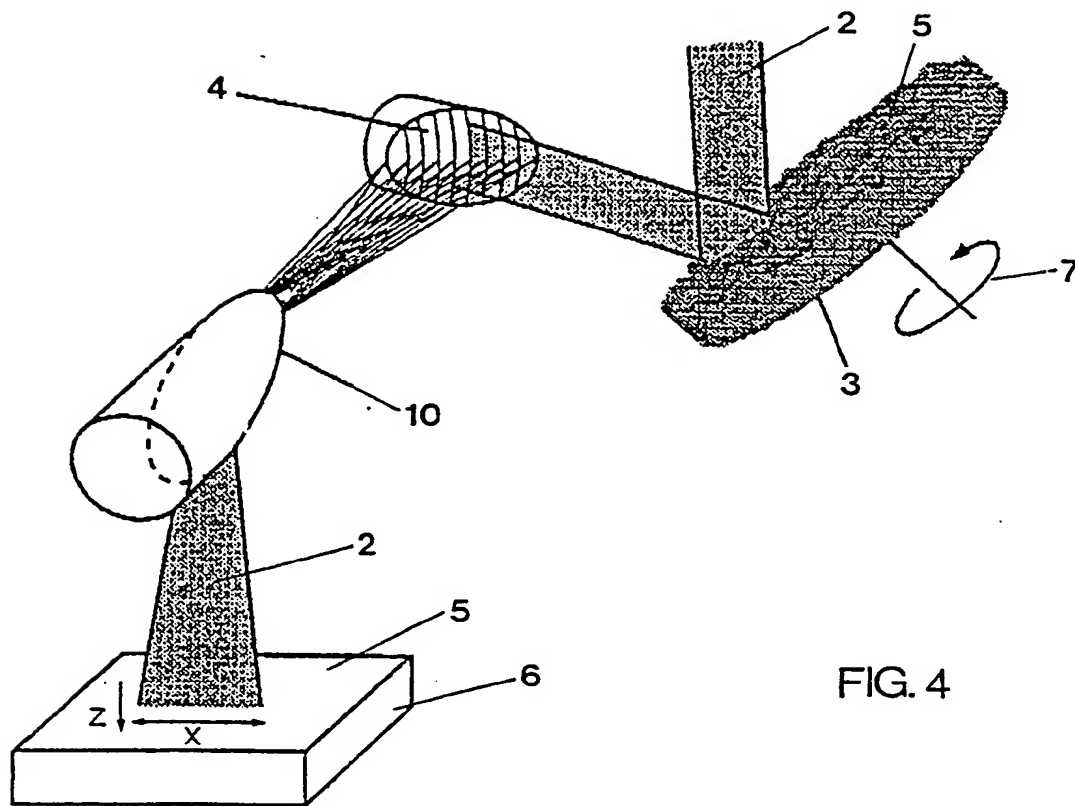


FIG. 4

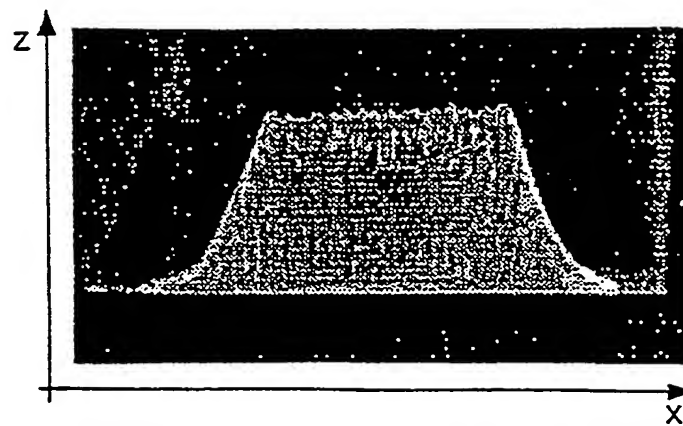


FIG. 5

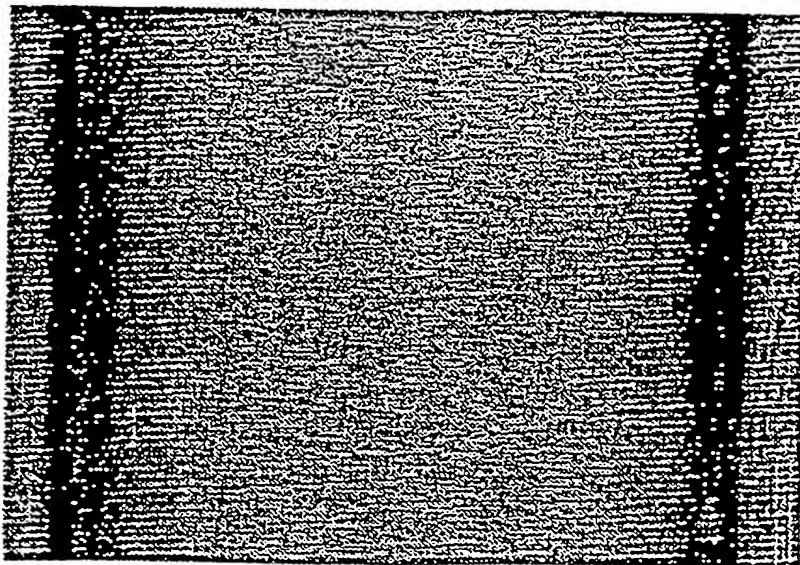


FIG. 6A

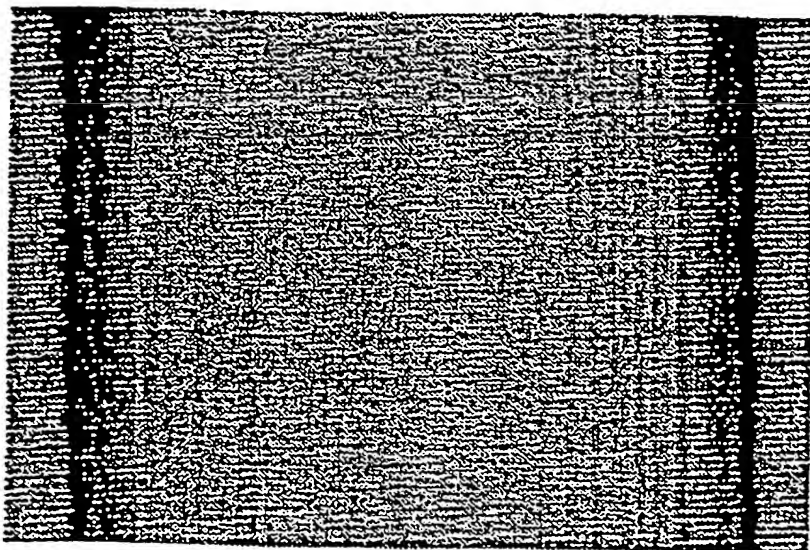


FIG. 6B

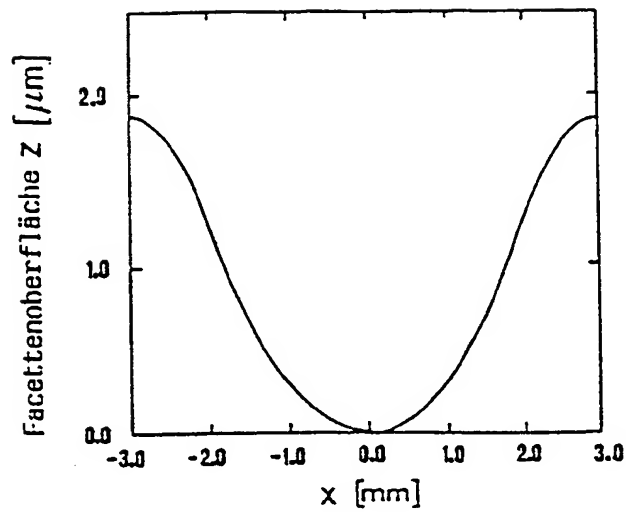


FIG. 7A

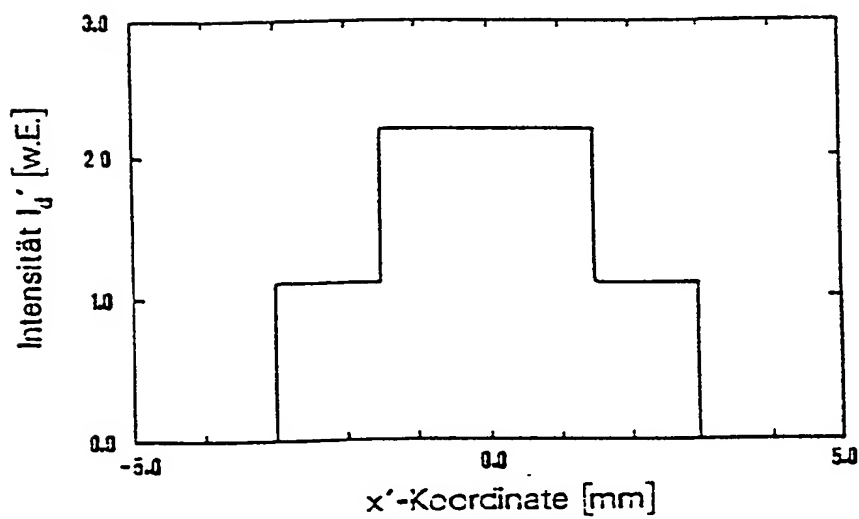


FIG. 7B

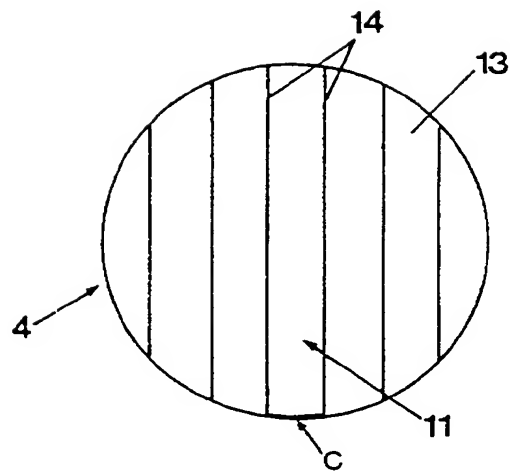


FIG. 8A

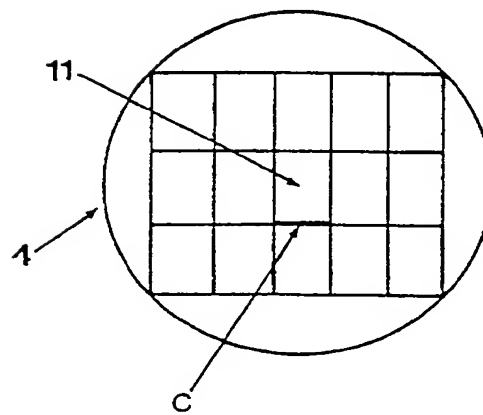


FIG. 8B